

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of

NAKATSU et al

Atty. Ref.: 829-522

Serial No. (to be assigned)

Group:

Filed: Herewith

Examiner:

For: SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DIODE

* * * * *

August 13, 1999

Assistant Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENTS

Sir:

It is respectfully requested that this application be given the benefit of the foreign filing date under the provisions of 35 U.S.C. §119 of the following, a certified copy of which is submitted herewith:

Application No.

Country of Origin

Filed

10-236156

Japan

21 August 1998

Respectfully submitted,

NIXON & VANDERHYE P.C.

By: Richard Beshe Reg No 22770 (for)

H. Warren Burnam, Jr.

Reg. No. 29,366

HWB:maw

1100 North Glebe Road, 8th Floor

Arlington, VA 22201-4714

Telephone: (703) 816-4000

Facsimile: (703) 816-4100

#4/Print Paper
Devices
11/30/99
10675 U.S. PTO
09/37/544
08/13/99

(Translation)

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Date of Application : August 21, 1998

Application Number : Heisei 10
Patent Appln. No. 236156

Applicant(s) : SHARP KABUSHIKI KAISHA

Wafer
of the
Patent
Office

April 30, 1999

Takeshi ISAYAMA

Commissioner,
Patent Office

Seal of
Commissioner
of
the Patent
Office

Appln. Cert. No.

Appln. Cert. Pat. Hei 11-3028375

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1998年 8月21日

出 願 番 号
Application Number:

平成10年特許願第236156号

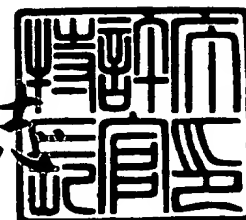
出 願 人
Applicant (s):

シャープ株式会社

1999年 4月30日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

伴佐山 建志



出証番号 出証特平11-3028375

【書類名】 特許願

【整理番号】 98-00812

【提出日】 平成10年 8月21日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明の名称】 半導体発光素子

【請求項の数】 7

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

 【氏名】 中津 弘志

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

 【氏名】 山本 修

【特許出願人】

 【識別番号】 000005049

 【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100078282

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 山本 秀策

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 001878

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

特平 1 0 - 2 3 6 1 5 6

【包括委任状番号】 9005652

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体発光素子

【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板と、該基板上に配設された AlGaInP 系化合物半導体からなる積層構造体とを備え、該積層構造体が、一对のクラッド層と該一对のクラッド層の間に配設された発光のための活性層とからなる発光層を少なくとも含む発光ダイオードであって、該積層構造体が該発光層に対して格子不整合な電流拡散層をさらに含み、以下の式：

$$\Delta a / a = (a(\text{電流拡散層}) - a(\text{発光層})) / a(\text{発光層})$$

ここで、 $a(\text{電流拡散層})$ ：該電流拡散層の格子定数

$a(\text{発光層})$ ：該発光層の格子定数

で定義される該電流拡散層の格子整合率が -1% 以下である、発光ダイオード。

【請求項2】 前記基板の結晶が、 (100) 面に対して $[011]$ 方向に $8^\circ \sim 20^\circ$ 傾斜している、請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項3】 前記電流拡散層が前記発光層の発光波長に対して透明であるように、該電流拡散層の組成が選択される、請求項1または2に記載の発光ダイオード。

【請求項4】 前記電流拡散層の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 組成において、 x が 0.01 以上 0.05 以下であり、 $1-y$ が 0.01 以上 0.30 以下である、請求項1または2に記載の発光ダイオード。

【請求項5】 前記電流拡散層の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 組成において、 x および/または $1-y$ が該積層構造体の積層方向に変化する、請求項1から4のいずれかに記載の発光ダイオード。

【請求項6】 前記電流拡散層の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 組成において、 x および/または $1-y$ が独立して、該積層構造体の積層方向に段階的に減少する、請求項1から5のいずれかに記載の発光ダイオード。

【請求項7】 前記電流拡散層の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 組成において、 x および/または $1-y$ が独立して、該積層構造体の積層方向に段階的に変化し、これにより層厚方向の抵抗率が段階的に変化して制御される、請求項1から6

のいずれかに記載の発光ダイオード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は半導体発光ダイオードに関し、より詳細には電流拡散層を有する発光ダイオードに関する。

【0002】

【従来の技術】

AlGaInP系材料は、窒化物を除くIII-V族化合物半導体材料の中で最大の直接遷移型バンドギャップを有し、550～650nm帯にある波長の光を発する発光素子材料として注目されている。特に、GaAsを基板とし、これに格子整合するAlGaInP系材料からなる発光部(活性層を含む積層構造体)をGaAs基板上に成長させて形成されているpn接合型の発光ダイオードは、GaPまたはAlGaAsなどの材料からなる発光部を備えた発光ダイオードに比べて、赤色から緑色に相当する波長域で、より高輝度の発光を得ることが可能である。

【0003】

高輝度の発光ダイオードを形成するためには、発光効率を高めることに加えて、発光部への電流注入効率の向上、および素子外部への光の効率的な取り出しを実現することが重要である。

【0004】

AlGaInP系材料からなる発光部を有する従来の発光ダイオードを図面を参照して説明する。図8は、このような発光ダイオードの断面図である。

【0005】

図8に示すように、発光ダイオード200は、n型GaAs基板61と、n型GaAsバッファ層62と、AlGaInP系材料からなる発光層69と、p型AlGaAs電流拡散層66とが順次積層された構造を有している。発光層69は、n型AlGaInPクラッド層63と、p型AlGaInPクラッド層65と、これらクラッド層63、65の間に配設されたAlGaInP活性層64と

を備える。さらに、p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 電流拡散層66の上面にはp型電極68が配設され、n型GaAs基板61の下面にはn型電極67が配設されている。

【0006】

p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 層は、上記のような発光ダイオードにおいて電流拡散層66として頻繁に用いられてる。なぜなら、p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 層は、上記の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 系半導体からなる発光層69が発光可能な波長帯550nm~650nmに対して透明であり、よって高い発光効率を得るのに都合が良く、さらに、p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 層は抵抗率が低く、よってp側電極とのオーミック接触がとりやすいという利点があるからである。さらにまた、p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 層は、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 系半導体材料に比べて高品質な結晶が成長しやすく、かつ $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 系のダブルヘテロ層(以下、DH層とする)すなわち発光層を成長した後に、次いでこのp型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 層を比較的容易に成長させ得るという利点がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

上記の電流拡散層材料について、従来の $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 系材料と $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 系材料を比較する。なお、本明細書を通じて、用語「Alの組成比」はGaに対するAlの組成比 $x = (\text{Al}) / (\text{Al} + \text{Ga})$ を示し、用語「Inの組成比」はAlおよびGaに対するInの組成比 $1 - y = (\text{In}) / (\text{Al} + \text{Ga} + \text{In})$ を示す。

【0008】

図9は、それぞれGaAs基板と格子整合した、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 電流拡散層および $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 電流拡散層($1 - y = 0.49$)の抵抗率をAl組成比依存性について比較したものである。図9より、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 電流拡散層では、例えば、Al組成比 $x = 0.8$ で、抵抗率 $0.06 \Omega \text{cm}$ を示し、Al組成比 x が高くて低い抵抗率を得ることができる。

【0009】

これに対して、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 電流拡散層($1 - y = 0.49$)では

、Al 組成比 $x = 0 \sim 0.8$ の領域において抵抗率 $0.15 \sim 3 \Omega \text{ cm}$ を示す。この抵抗率値は $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 層に比べて 1 桁以上大きく、Al 組成比の組成を小さくしても $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 層より 50 倍以上高い。よって、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 層に比べて $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 電流拡散層 ($1-y=0.49$) は、低い抵抗値を得ることができないという点で劣る。

【0010】

さらに、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 系発光層の発光波長である $550 \text{ nm} \sim 650 \text{ nm}$ 帯に対して、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 電流拡散層 ($1-y=0.49$) がこの発光層からの光を透過させるためには Al 組成比を 0.50 以上にする必要がある。この場合には、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 電流拡散層 ($1-y=0.49$) の抵抗率は $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 層に比べて 2 桁以上高くなる。

【0011】

抵抗率が高いと、電流拡散層の拡散能力が低下してチップ全体に電流が拡がらない。その結果、電極の直下部分の発光が支配的になり、発光した光が電極に遮られて、発光した光を外部に取り出しにくくなる。すなわち、電流拡散層の抵抗率の増加によって発光効率が低下する。またさらに、電流拡散層の抵抗率の増加によって動作電圧の増加を招く。

【0012】

以上のように、GaAs と格子整合する $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 層 ($1-y=0.49$) は、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 層に比べて抵抗率が高く、発光ダイオードの特性に悪影響を及ぼす。よって、AlGaInP 材料系の層は電流拡散層に採用されず、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 層が電流拡散層として用いられている。

【0013】

$\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 層は、上述のように抵抗率については発光ダイオードの電流拡散層として十分満足できる。 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 電流拡散層が、発光波長 $550 \text{ nm} \sim 650 \text{ nm}$ に対して透明となるためには Al 組成比を 0.65 以上にする必要がある。このように Al 組成比が高くなると、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 層は潮解性を示す。高い Al 組成を有する $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 電流拡散層を備えた発光ダイオードチップを高温高湿下で動作させた場合、光度が著しく低下するという欠点がある。

ある。

【0014】

図10は、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 電流拡散層を備えた発光ダイオードを温度60℃湿度95%の高温高湿雰囲気中で動作させた場合のチップ光度の経時変化を示す図である。図10を見ると、動作時間が長くなるにつれてチップ光度が低下し、Al組成比が大きい程チップ光度の低下が著しいことがわかる。このような発光ダイオードの劣化について図11を参照して説明する。図11の発光ダイオードは、図8の発光ダイオードと同じ構造を有し、これが劣化した状態を示している。図11に示すように、発光ダイオードを高温高湿下で動作することによって、Al組成比の高いAlGaAs電流拡散層56の表面が吸湿潮解して黒化し、その結果チップ内部から発光する光(図11中矢印で示す)を吸収する。従って、Al組成比の高いAlGaAs層を電流拡散層として採用する場合、長時間に亘って安定な輝度を示す発光ダイオードを提供することは困難である。

【0015】

上述のように、低い抵抗率を得ることが出来るという利点等の理由から、電流拡散層としてAlGaAs層が用いられてきたが、AlGaAs層には高温高湿動作条件下での信頼性に欠けるという問題がある。これにかえて、電流拡散層に $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 層($1-y=0.49$)を用いると電流拡散層の抵抗率が高くなるので、十分な輝度を得ることができない。

【0016】

本発明は上記課題を解決すべくなされたものであり、その目的は、抵抗率が低く、発光層の発光波長550nm～650nmに対して透明であり、さらに高温高湿条件下でも発光特性の劣化を生じない、高輝度な発光ダイオードを提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】

本発明の発光ダイオードは、半導体基板と、該基板上に配設されたAlGaInP系化合物半導体からなる積層構造体とを備え、該積層構造体が一対のクラッド層と該一対のクラッド層の間に配設された発光のための活性層とからなる発光

層を少なくとも含む発光ダイオードであって、該積層構造体が該発光層に対して格子不整合な電流拡散層をさらに含み、以下の式：

$$\Delta a / a = (a(\text{電流拡散層}) - a(\text{発光層})) / a(\text{発光層})$$

ここで、 $a(\text{電流拡散層})$ ：該電流拡散層の格子定数

$a(\text{発光層})$ ：該発光層の格子定数

で定義される該電流拡散層の格子整合率が -1% 以下である。

【0018】

本発明の好適な実施態様においては、上記基板の結晶は、 (100) 面に対して $[011]$ 方向に $8^\circ \sim 20^\circ$ 傾斜している。

【0019】

本発明の好適な実施態様においては、上記電流拡散層が上記発光層の発光波長に対して透明であるように、該電流拡散層の組成は選択される。

【0020】

本発明の好適な実施態様においては、上記電流拡散層の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 組成において、 x は 0.01 以上 0.05 以下であり、 $1-y$ は 0.01 以上 0.30 以下である。

【0021】

本発明の好適な実施態様においては、上記電流拡散層の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 組成において、 x および/または $1-y$ は該積層構造体の積層方向に変化する。

【0022】

本発明の好適な実施態様においては、上記電流拡散層の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 組成において、 x および/または $1-y$ は独立して、該積層構造体の積層方向に段階的に減少する。

【0023】

本発明の好適な実施態様においては、上記電流拡散層の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 組成において、 x および/または $1-y$ は独立して、該積層構造体の積層方向に段階的に変化し、これにより層厚方向の抵抗率が段階的に変化して制御される。

【0024】

以下、本発明の作用について説明する。

【0025】

既に述べたように、基板と格子整合し、発光波長に対して透明である $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 層 ($x=0.50$, $1-y=0.49$) は $Al_xGa_{1-x}As$ 層に比べて抵抗率が高い。この理由としては、 $AlGaInP$ 層に含まれる P 系の材料が、 $AlGaAs$ 層に含まれる As 系の材料に比べて移動度が低く、有効質量が大きいことが挙げられるが、これは大きく影響しない。主な原因は、基板と格子整合するこの $AlGaInP$ 層中の Al および In の組成比が、それぞれ $x=0.50$, $1-y=0.49$ とかなり高いことにある。Al および In が Ga に比べて酸化しやすいので、これらの組成比が高くなると酸素を取り込みやすくなる。さらに、Al および In は Ga に比べて材料の純度を高くするのが困難であるので、これらの組成比が高くなると酸素およびシリコンなどの不純物を多く含むことになる。これらの理由により、結晶中に酸素およびシリコンなどの不純物が多く含まれる。その結果、 $AlGaInP$ 層の抵抗率は大きくなりやすい。従って、 $AlGaInP$ 層の抵抗率を小さくするためには Al と In の組成比を低下させれば良い。

【0026】

しかしながら、In の組成比を低下させると電流拡散層の格子定数が変化して、電流拡散層が発光層と格子不整合になるという問題が生じる。以下、In の組成比と格子整合率について説明する。

【0027】

ここで、電流拡散層の発光層に対する格子整合率 $\Delta a/a$ は次式によって定義される：

$$\Delta a/a = (a(\text{電流拡散層}) - a(\text{発光層})) / a(\text{発光層})$$

ここで、 $a(\text{電流拡散層})$ ：電流拡散層の格子定数

$a(\text{発光層})$ ：発光層および基板の格子定数。

例えば GaAs 基板の場合、GaAs の格子定数は、約 5.65 \AA である。発光層を構成する一対のクラッド層とこれらの間に配設された活性層とは、基板上に

順次積層されて形成されるので、これらの層は基板に格子整合し、かつ互いに格子整合する。従って、発光層と基板との格子定数は等しい。

【0028】

図1に格子定数に対するAlGaInP系のバンドギャップ図を示す。図1に示すように、AlGaInP系ではInの組成比を低下させていくと(図1中では、AlPとGaPとを結ぶ直線上に近づける)、AlGaInP系の格子定数は基板であるGaAs系の格子定数值(すなわち発光層の格子定数值)よりも次第に小さくなっていく。電流拡散層の格子定数は、Inの組成比 $1-y$ によって決まる。AlGaInP電流拡散層と基板との格子整合率は、電流拡散層がInをほとんど含まない場合に最大となり、このときの格子整合率は約4%である。この程度の格子不整合ではバルクの抵抗率には影響しないことがわかった。以上は、基板がGaAs基板である場合について述べたが、他の任意の適切な基板を使用しても良く、基板材料としては、例えば、GaAs、GaP、およびInPなどが挙げられる。基板材料を限定しない場合、Inの組成を変化させることによって、発光層との格子整合率は最大約8%となる可能性があるが、この場合にもバルクの抵抗率には影響しない。

【0029】

上述のように、In組成比を減少させることに起因して電流拡散層と発光層との格子不整合が生じることは、発光ダイオードの特性に大きく影響しない。よって、電流拡散層中のIn組成比を減らして、格子整合率をマイナス側に下げることによって電流拡散層の抵抗率を低減することができる。従って、電流拡散層の $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 層のAl組成比を減少させるだけでなく、In組成比をも減少させて電流拡散層を発光層に対して格子不整合させることによって、抵抗率をAlGaAs層並みにすることができ、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 層でも電流拡散層を形成することが可能になる。

【0030】

図2にAlGaInP系においてAlとInの組成比を減らした場合の抵抗率のデータを示す。このようにAlとInの組成を減らすことによって抵抗率を著しく低減することができ、特にAl組成比 $x=0.05$ 、In組成比 $1-y=0$

。05の場合ではAlGaAs 拡散層とほぼ同一の抵抗率が得られた。

【0031】

図2をさらに電流拡散層の格子整合率依存性によって説明する。図3は、基板および発光層と電流拡散層との格子整合率 $\Delta a/a$ を横軸に、抵抗率を縦軸にプロットしたものである。図3より、Inの組成を低下させて格子整合率がマイナス側に減少するにつれて電流拡散層の抵抗率も低下していくことがわかる。発光ダイオードの電流拡散層として実用的な抵抗率は $0.1\Omega\text{cm}$ 以下であることが望ましいので、図3より、発光層との格子整合率は -1% 以下であれば良いことがわかる。これはIn組成比で約0.35以下に相当する。またAlの組成比は低いほど望ましいが、同様に図3を参照して、Al組成比 x を0.05以下にすればより効果が顕著である。

【0032】

本発明の発光ダイオードは、AlGaInP系電流拡散層の格子整合率が -1% 以下であるので、AlGaAs系電流拡散層と同程度の電流拡散層の抵抗率を有することができ、動作電圧の上昇および消費電力の増大を生じずに、発光層からの光の取り出し効率が高く、高輝度で信頼性が高い。

【0033】

本発明の好適な実施態様においては、基板の結晶が、(100)面に対して[011]方向に $8^\circ \sim 20^\circ$ 傾斜している。これによって、発光ダイオードの発光層上にこれに対して格子不整合な電流拡散層を成長する際に、電流拡散層が $5 \sim 10\mu\text{m}$ の厚膜である場合に格子不整合による大きなヒロックが出現してプレーナ膜にならなくなることを回避して、平坦なプレーナ膜を形成することができる。

【0034】

本発明の好適な実施態様においては、電流拡散層が発光層の発光波長に対して透明であるように電流拡散層の組成が選択される。電流拡散層は、発光層に対して透明であり、かつ抵抗率が十分低いことが重要であり、格子不整合であったとしても上記2点の特性が十分であれば不都合は生じない。再び図1を参照して、In組成比を減らすことによってAlGaInP系のバンドギャップが上がるた

め、A1の組成比を増やさなくても発光波長550～650nmに対して光の吸収が起こらない、透明な電流拡散層を形成することが可能である。

【0035】

本発明の好適な実施態様においては、A1組成比 $x = 0.01 \sim 0.05$ 、In組成比 $1 - y = 0.01 \sim 0.30$ である。このようにA1の組成の十分小さい電流拡散層は、潮解性が小さく、高温高湿下の動作においても $Al_xGa_{1-x}As$ ($x = 0.65$)電流拡散層のように発光特性の劣化も生じない。したがって実用的な電流拡散層の作成が可能になる。

【0036】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態を以下に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0037】

(第1の実施形態)

本発明の第1の実施形態における発光ダイオードとして、半導体発光ダイオードを図4を参照して説明する。図4は発光ダイオードの構成を示す断面図である。

【0038】

図4に示す様に、発光ダイオード100は、n型GaAs基板1と、この基板1上に配設された積層構造体12と、これらの基板1および積層構造体を間に配設するn型電極7およびp型電極8とを備えている。積層構造体12は、n型GaAsバッファ層2と、 $(Al_xGa_{1-x})_{0.51}In_{0.49}P$ の発光層11と、p型 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 電流拡散層10とを含む。 $(Al_xGa_{1-x})_{0.51}In_{0.49}P$ の発光層11は、n型 $(Al_xGa_{1-x})_{0.51}In_{0.49}P$ 下部クラッド層3と、 $(Al_xGa_{1-x})_{0.51}In_{0.49}P$ 活性層4と、p型 $(Al_xGa_{1-x})_{0.51}In_{0.49}P$ 上部クラッド層5とからなる。

【0039】

$(Al_xGa_{1-x})_{0.51}In_{0.49}P$ の発光層11において、下部クラッド層3、活性層4、および上部クラッド層5の組成 x は、それぞれ、約1.0、約0.3、

約 1.0 であるが、これらの値に限定されず、互いに独立して $0 \leq x \leq 1$ の任意の値を取り得る。

【0040】

ここで、p 型 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 電流拡散層 10 において、Al 組成比 $x = \text{約} 0.05$ 、In 組成比 $1 - y = \text{約} 0.05$ である。

【0041】

本実施形態の発光ダイオード 100 の製造方法について以下に説明する。ここで、各層の組成は上記の通りである。基板 1 の上にバッファ層 2、下部クラッド層 3 (厚さ約 $1.0 \mu m$)、活性層 4 (厚さ約 $0.5 \mu m$)、上部クラッド層 5 (厚さ約 $1.0 \mu m$) を順次積層し、さらに上部クラッド層 5 の上に、厚さ約 $7.0 \mu m$ の電流拡散層 10 を形成する。次に、p 型電流拡散層の上に、例えば Au-Be 膜を蒸着して、これを例えば円形にパターニングして p 型電極 8 を形成する。一方、GaAs 基板 11 の下面に、例えば Au-Zn 膜からなる n 型電極 7 を蒸着により形成する。このようにして発光ダイオード 100 が作製されるが、各層の積層方法、ならびに電極のパターニング形状および形成方法は他の任意の適切な方法をしていても良い。

【0042】

以上のようにして作製される本発明の実施形態の発光ダイオード 100 において、基板 1 と、バッファ層 2 と、発光層を構成する下部クラッド層 3、活性層 4、および上部クラッド層 5 とは格子整合し、これらに対して電流拡散層 10 は格子不整合している。これは、電流拡散層 10 の Al および In 含有率が上記のように小さいためである。電流拡散層 10 のこれらの他の層に対する格子整合率は約 -4% であった。本発明における電流拡散層は、発光層の格子定数に対して -1% 以下、より好ましくは約 -4% ~ -3% の格子不整層である。

【0043】

さらに、発光ダイオード 100 の電流拡散層 10 の抵抗率は約 $0.1 \Omega cm$ であり、電流拡散層に AlGaAs を用いた場合と同程度の低い抵抗率を有する。

【0044】

上に図 8 を参照して説明した従来の発光ダイオード 200 と本実施形態の発光

ダイオード 100 とは、電流拡散層に用いた材料が大きく異なる。従来の発光ダイオード 200 においては、 AlGaAs 材料を電流拡散層に使用しているため、高温高湿下で動作する場合に、電流拡散層の表面が潮解して黒化し、その結果チップ光度が劣化して信頼性が低下する傾向がある。

【0045】

これに対して、本実施形態の発光ダイオード 100 においては、 p 型 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($x=0.05$, $1-y=0.05$) 材料を電流拡散層 10 に使用しているため、電流拡散層の Al 組成比が小さく、よって高温高湿下の動作において拡散層の潮解性がなく、表面が黒化しない。その結果、本発明の発光ダイオードは安定して動作することが可能であり、高い信頼性を有する。上記構造を有する本発明の実施形態の発光ダイオードチップの信頼性のデータ(劣化率の経時変化)を図 5 に示す。図 5 より、温度 60°C 湿度 95% 雰囲気での 50mA 動作において、 1000 時間までチップ光度はほとんど変動しなかった。

【0046】

本実施形態によれば、 AlGaInP 系材料を電流拡散層に用いているので、高温高湿条件下の作動に対しても長時間に亘って高い信頼性を有する発光ダイオードが提供される。

【0047】

本実施形態によれば、上記のように Al と In の少ない AlGaInP 電流拡散層を用いることによって、抵抗率を AlGaAs 拡散層並みに低くすることができる。よって上部電極からの電流拡散距離が大きく、拡散能力の高い電流拡散層を備えた発光ダイオードが提供される。その結果、電流拡散層に AlGaInP 系材料を用いても、 AlGaAs 系材料を用いた発光ダイオードと同程度の輝度を有する発光ダイオードを提供することができる。

【0048】

さらに、本発明の発光ダイオードの基板 11 には、 (100) 面に対して $[011]$ 方向に好ましくは $8^\circ \sim 20^\circ$ 傾斜した基板を用いても良い。これにより、電流拡散層が格子不整層であっても、ある特定の面方位のステップを核として成長することがなく、 $5\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ の厚い格子不整合の電流拡散層でも平坦に

成長することができる。そのため、電流拡散層の上にも制御性良く、良質の p 側電極を形成できる。

【0049】

さらに、電流拡散層の I_n が少ないので、発光層の発光波長 $550\text{ nm} \sim 650\text{ nm}$ に対して透明な拡散層を得ることができる。

【0050】

(第2の実施形態)

本発明の第2の実施形態における半導体発光ダイオードとして、半導体発光ダイオードを、図面を参照して説明する。

【0051】

図6は、発光ダイオードの構成を示す断面図である。図6に示すように、本実施形態の発光ダイオード100は、n型GaAs基板1と、この基板1上に配設された積層構造体12と、これらの基板1と積層構造体とを間に配設するn型電極7およびp型電極8とを備えている。積層構造体12は、n型GaAsバッファ層2と、 $(Al_xGa_{1-x})_{0.51}In_{0.49}P$ の発光層11と、n型 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 電流阻止層9と、p型 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 電流拡散層10とを含む。 $(Al_xGa_{1-x})_{0.51}In_{0.49}P$ の発光層11は、n型 $(Al_xGa_{1-x})_{0.51}In_{0.49}P$ 下部クラッド層3と、 $(Al_xGa_{1-x})_{0.51}In_{0.49}P$ 活性層4と、p型 $(Al_xGa_{1-x})_{0.51}In_{0.49}P$ 上部クラッド層5とからなる。

【0052】

$(Al_xGa_{1-x})_{0.51}In_{0.49}P$ の発光層11において、下部クラッド層3、活性層4、および上部クラッド層5の組成xは、それぞれ、約1.0、約0.3、約1.0であるが、これらの値に限定されず互いに独立して $0 \leq x \leq 1$ の任意の値を取り得る。

【0053】

ここで、n型 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 電流阻止層9において、Al組成比 $x = \text{約}0.30$ 、In組成比 $1-y = \text{約}0.49$ である。

【0054】

さらに、p型 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 電流拡散層10において、組成比が層

中で一様でなく変化している。図7(a)は電流拡散層10の層厚に対するAlおよびInの組成比を示し、図7(b)は電流拡散層10の層厚に対する電流拡散層10の抵抗率を示す。ここで、層厚方向は図6に示す通りである。このように本実施形態における電流拡散層は、そのInとAl組成比が下層から上層に向かうにつれて徐々に変化する電流拡散層になっている。

【0055】

次に、本実施形態の発光ダイオード100の製造方法について以下に説明する。ここで、各層の組成は上記の通りである。基板1の上にバッファ層2、下部クラッド層3(厚さ約 $1.0\mu\text{m}$)、活性層4(厚さ約 $0.5\mu\text{m}$)、上部クラッド層5(厚さ約 $1.0\mu\text{m}$)を順次積層し、さらに上部クラッド層5の上に、厚さ約 $1.0\mu\text{m}$ の電流阻止層9を形成する。そして一旦成長炉から成長基板を取り出した後に、上記n型電流阻止層9の一部をエッチング等で除去する。次いで、AlとInの組成を層厚とともに序々に変化させて($x=0.20\rightarrow0.01$, $1-y=0.49\rightarrow0.01$)、厚さ約 $6\mu\text{m}$ の電流拡散層10を再成長する。その後n型電極7を基板1上に、p型電極8を電流拡散層10に形成する。p型電極8の形成に際して、電流阻止層の直上部のみを残して後はエッチングで選択的に除去する。このようにして発光ダイオード100が作製される。

【0056】

本実施形態の発光ダイオードは、電流阻止層9を備える。電極直下で発光する光は電極に遮られるので、この光を外部に取り出せない。電極直下の電流拡散層の下に電流阻止層9を備えることにより無効電流を減らし、光を外部に取り出すことが出来る、電極直下でない部位へ電流を有効に拡散させて外部発光効率を向上させることができる。

【0057】

次に、本実施形態の電流拡散層10について、図6および図7を参照してより詳細に説明する。電流拡散層10の成長初期、すなわち発光層11および電流阻止層9の近傍(図中、層厚約0の位置近傍)ではAl組成比 $x=\text{約}0.20$ 、In組成比 $1-y=\text{約}0.49$ になるように設定されている。ところで格子定数は、再び図1を参照して、Al組成比(またはこれと相補的なGa組成比)に影響され

ず、Inの組成比によって主に決定される。上記のように設定した電流拡散層10のIn組成比は、発光層11および電流阻止層9のInの組成比 $1-y$ =約0.49と等しい。従って、成長初期の電流拡散層10は格子定数が発光層とほぼ等しいので、平坦に成長することができる。さらに、電流拡散層10のAl組成比 x が比較的高く設定されているので、その下地となる上部クラッド層5の組成となじみやすく、よって良好な結晶性が得られる。

【0058】

次いで、電流拡散層10の層厚が増加するにつれてAlおよびInの組成を徐々に低下させ、電流拡散層10の最上部(図中、層厚1の位置)ではAlおよびInの組成比をともに0.01とする。このときの抵抗率の変化を図7(b)に示す。図7より、成長初期ではAlとInの組成比が高いので、格子整合した $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 発光層11とほとんど変わらない抵抗率を示す。しかし、層厚が増加するにつれてAlおよびInの組成比が減少するので、抵抗率も減少する。電流阻止層9を備えた型の発光ダイオードでは、電流拡散層10中のp型電極に近い部位の低抵抗率が低いほどチップ内に電流が拡散しやすく、動作電圧も上がりにくい。これに対して、発光層11に近い部位は抵抗が比較的高くても電流拡散能率や動作電圧にほとんど影響しない。

【0059】

従って、本実施形態のように電流拡散層10の発光層11の近傍部分と発光層11および電流阻止層9とがほぼ等しいIn組成を有することにより、両者の格子定数がほぼ等しくなり、よって初期に再成長される電流拡散層の結晶性および平坦度を向上させることができる。さらに、電流拡散層10と発光層11および電流阻止層9との界面が良好であり、かつ電流拡散層10の組成を次第に変化させることにより格子定数が急激に変化しないので、電流拡散層10全体の結晶性および平坦度を向上することもできる。さらにまた、電流拡散層10のAlおよびInの組成比が上記のように低下するので、電流拡散層の抵抗を電極面に対して均一に、かつ層厚方向に対して徐々に低下させて、抵抗電流は電極間で均一に拡散させることができる。これにより、光の取り出し効率の減少および動作電圧の増大を生じることなく、電流拡散層の結晶性や平坦度を向上させることができ

る。

【0060】

さらに、電流拡散層 10 の成長初期において、Al および In の組成比が約 1 %～約 5 % と小さい場合には、電流拡散層 10 と上部クラッド層 5 との界面に、バンドギャップおよび界面準位によるノッチが発生し、その結果動作電圧が上昇して、駆動する電圧が高くなるという不都合が生じる。これに対して、本実施形態の場合には、電流拡散層 10 と上部クラッド層 5 との界面近傍においてほぼ同一の In の組成比を有するので、界面準位およびバンドエネルギー位置による不連続は生じない。従って、これに起因して動作電圧の上昇および消費電力の増大の問題を生じることもない。

【0061】

上記のような利点を備えることにより、本実施形態による発光ダイオードは、従来技術による発光ダイオードに比べて約 1.2 倍の発光輝度を得ることができる。

【0062】

本実施形態においては、電流拡散層の成長初期の Al および In の組成比が、それぞれ $x = 0.20$ 、 $1 - y = 0.49$ である発光ダイオードについて説明したが、本発明はこれに限定されず、電流拡散層の層厚方向に組成が変化すれば同様の効果が得られる。本実施形態では Al および In の組成比を層厚とともに徐々に変化させたが、2 段階または 3 段階で組成を変化させても同様の効果が得られる。

【0063】

【発明の効果】

上記に説明したように、本発明の発光ダイオードは、AlGaInP 材料を用いた電流拡散層であって、その $(Al_xGaIn_x)_yIn_{1-y}P$ 組成の Al 組成比 x および In 組成比 $1 - y$ を適切に選択して、発光層に対して格子不整合した電流拡散層を備える。これにより、電流拡散層の抵抗率を悪化させることなく、高温高温雰囲気下においても光度劣化しない発光ダイオードを提供することができる。さらに、発光層からの光の外部への取り出し効率が高められ、信頼性が向上さ

れた発光ダイオードを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

AlGaInP系の格子定数とバンドギャップとを示す図である。

【図 2】

AlGaInP系の抵抗率のInおよびAlの組成比依存性を示す図である。

【図 3】

AlGaInP系の抵抗率の格子整合率依存性を示す図である。

【図 4】

本発明の第 1 の実施形態による発光ダイオードの概略断面図である。

【図 5】

本発明の発光ダイオードのチップ光度の経時変化を示す図である。

【図 6】

本発明の第 2 の実施形態による発光ダイオードの概略断面図である。

【図 7】

本発明の第 2 の実施形態による発光ダイオードの電流拡散層の(a)層厚方向に対するAlおよびInの組成比、(b)層厚方向に対する抵抗率を示す図である。

【図 8】

従来の発光ダイオードの概略断面図である。

【図 9】

GaAs基板に格子整合する、AlGaAs系およびAlGaInP系の電流拡散層の抵抗率のAl組成比依存性を示す図である。

【図 10】

従来の発光ダイオードのチップ光度の経時変化を示す図である。

【図 11】

従来の発光ダイオードの劣化の様子を示す概略断面図である。

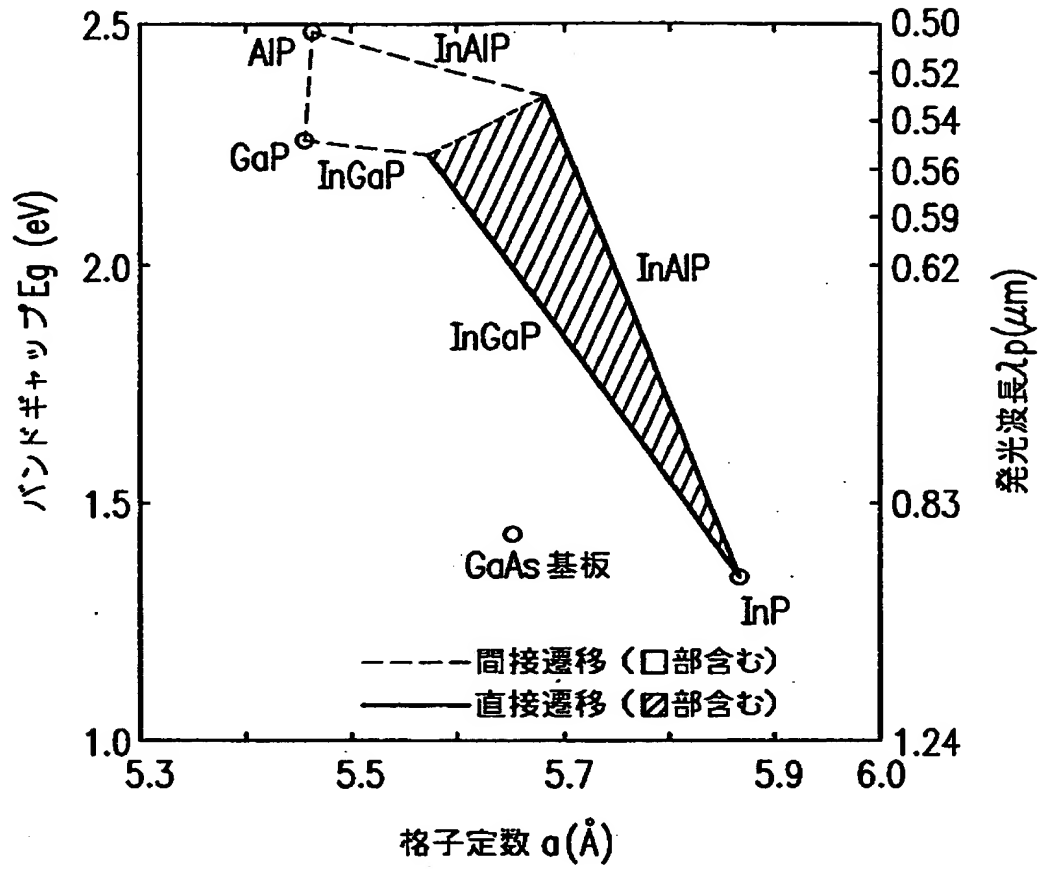
【符号の説明】

- 1 n型GaAs基板
- 2 n型GaAsバッファ層

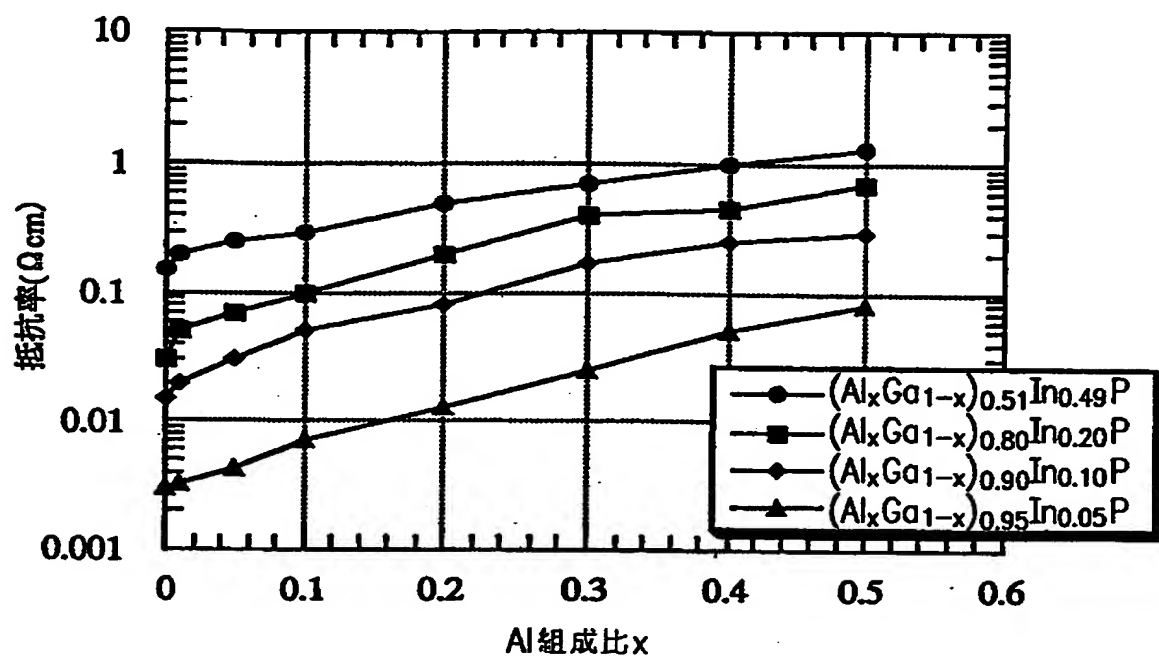
- 3 n型AlGaInP下部クラッド層
- 4 AlGaInP活性層
- 5 p型AlGaInP上部クラッド層
- 7 n型電極
- 8 p型電極
- 9 n型AlGaInP電流阻止層
- 10 p型AlGaInP電流拡散層
- 11 AlGaInP発光層
- 12 AlGaInP積層構造体
- 100 発光ダイオード

【書類名】 図面

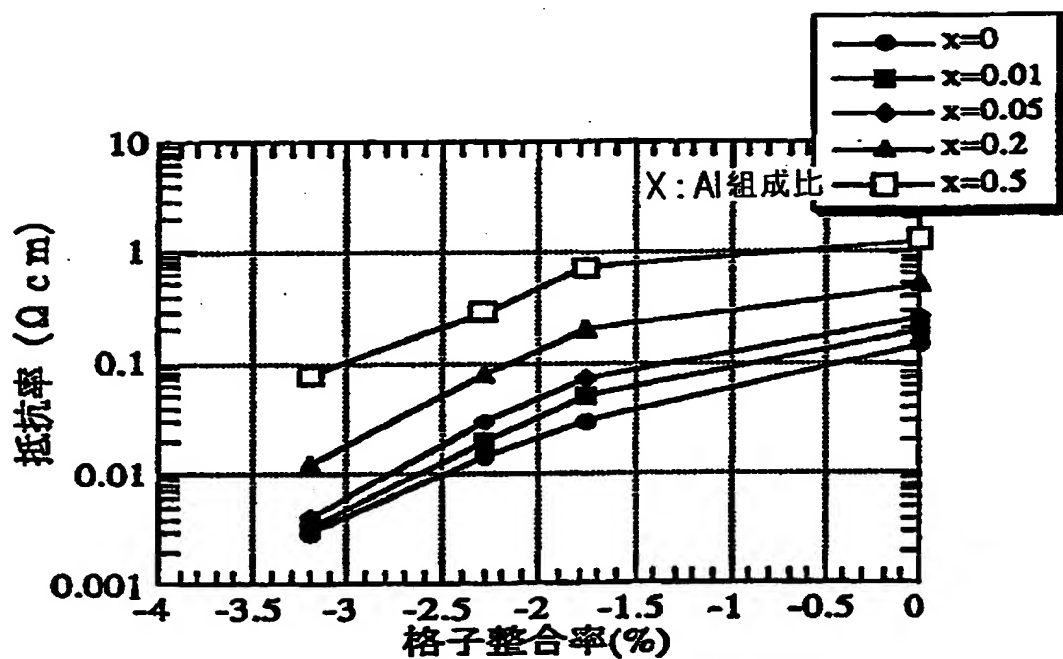
【図 1】



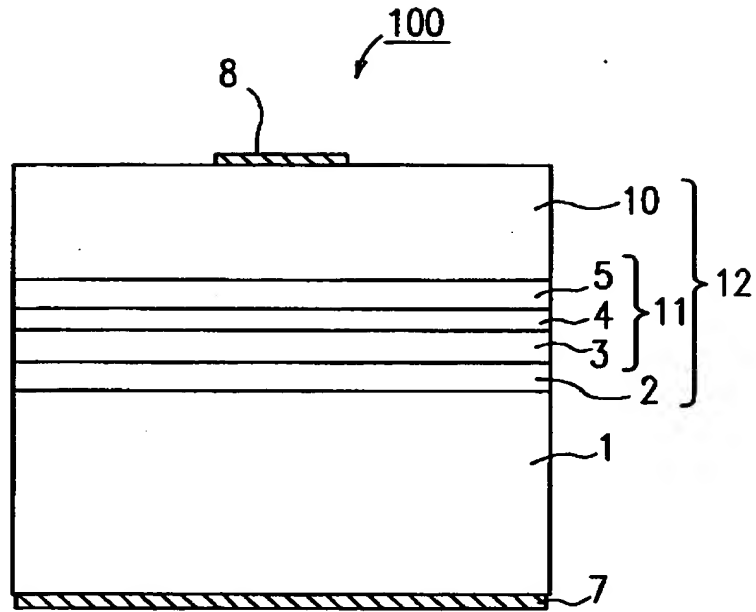
【図 2】



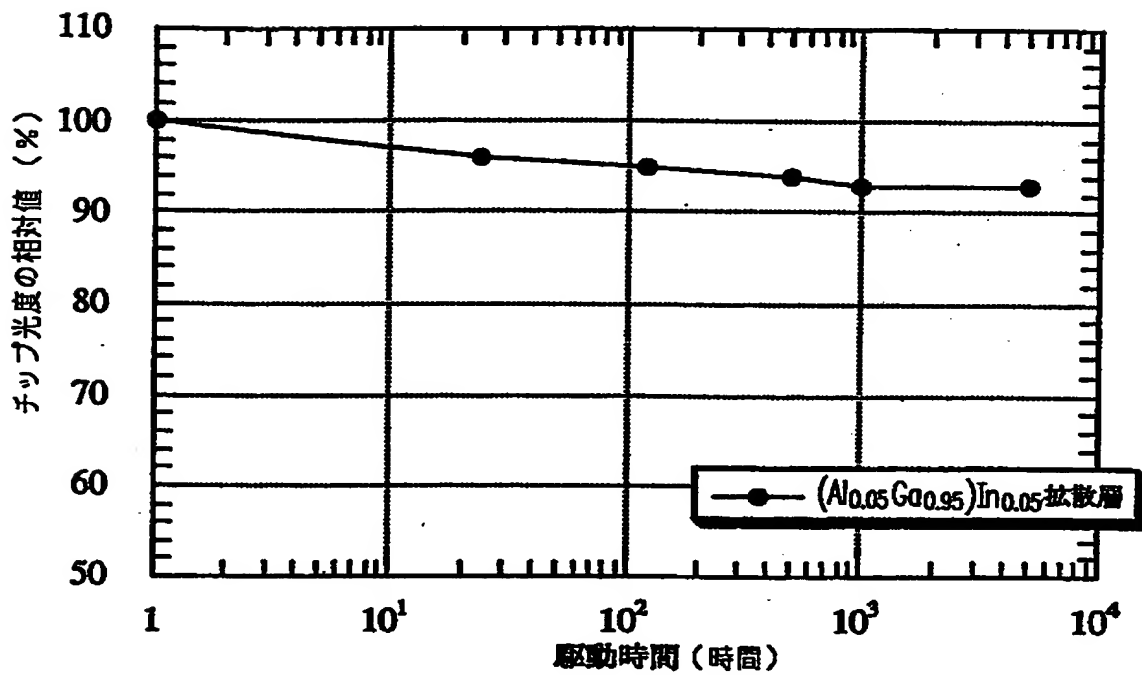
【図 3】



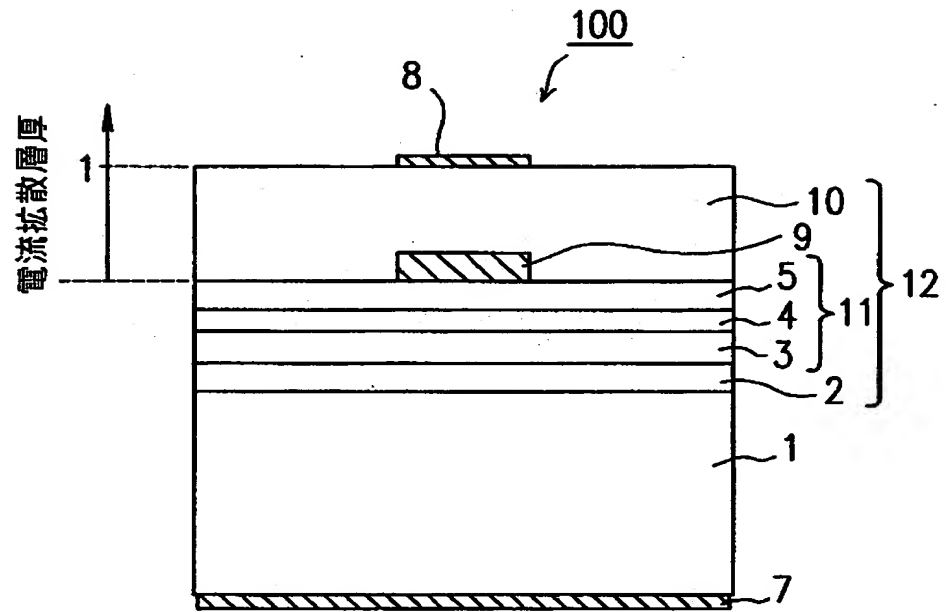
【図 4】



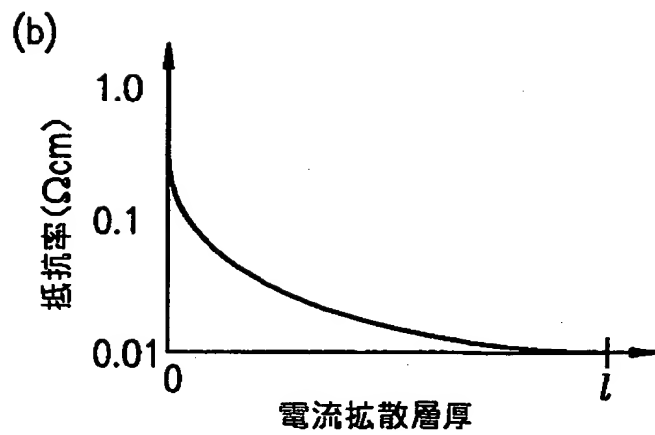
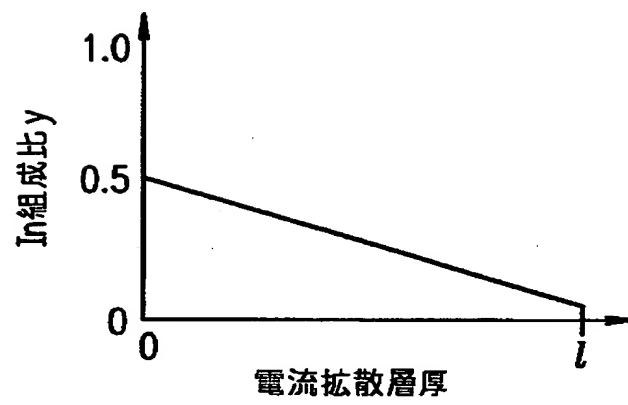
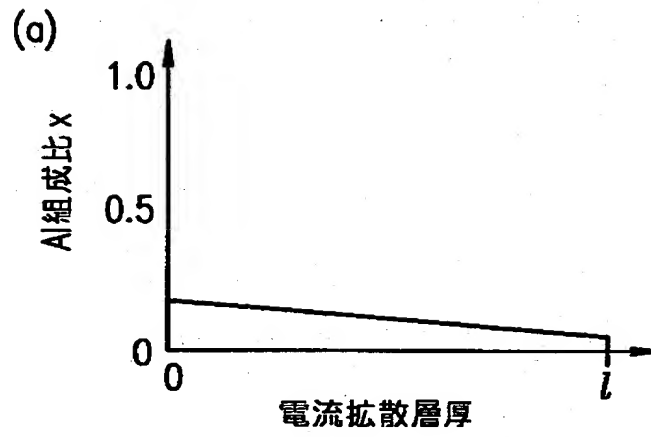
【図 5】



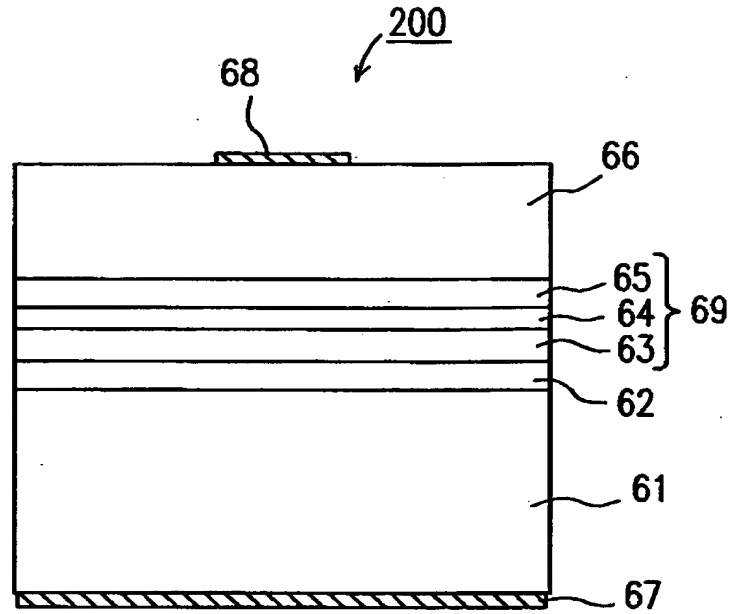
【図 6】



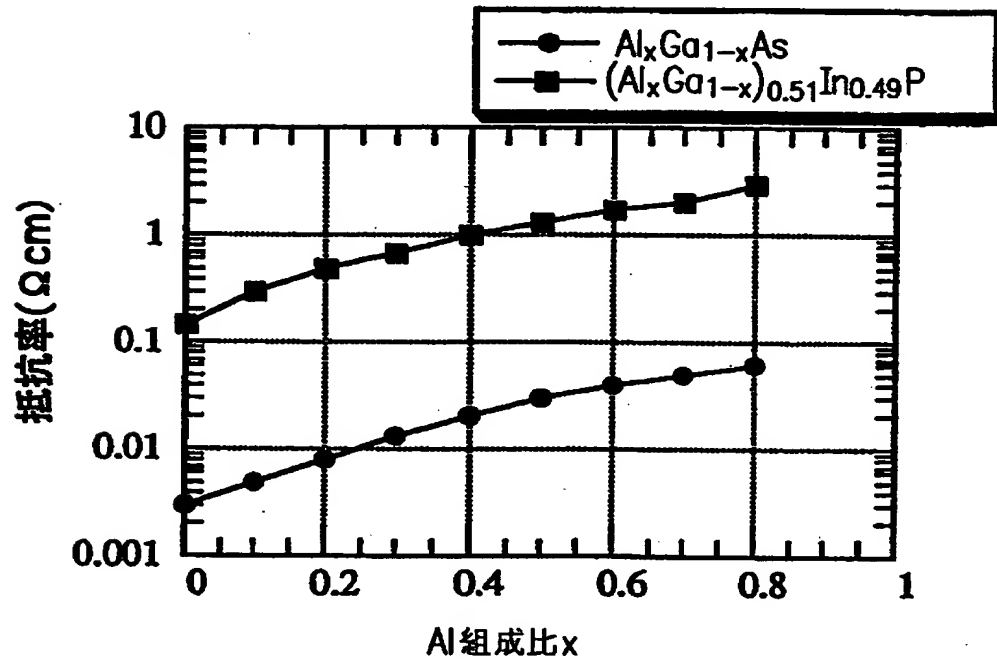
【图 7】



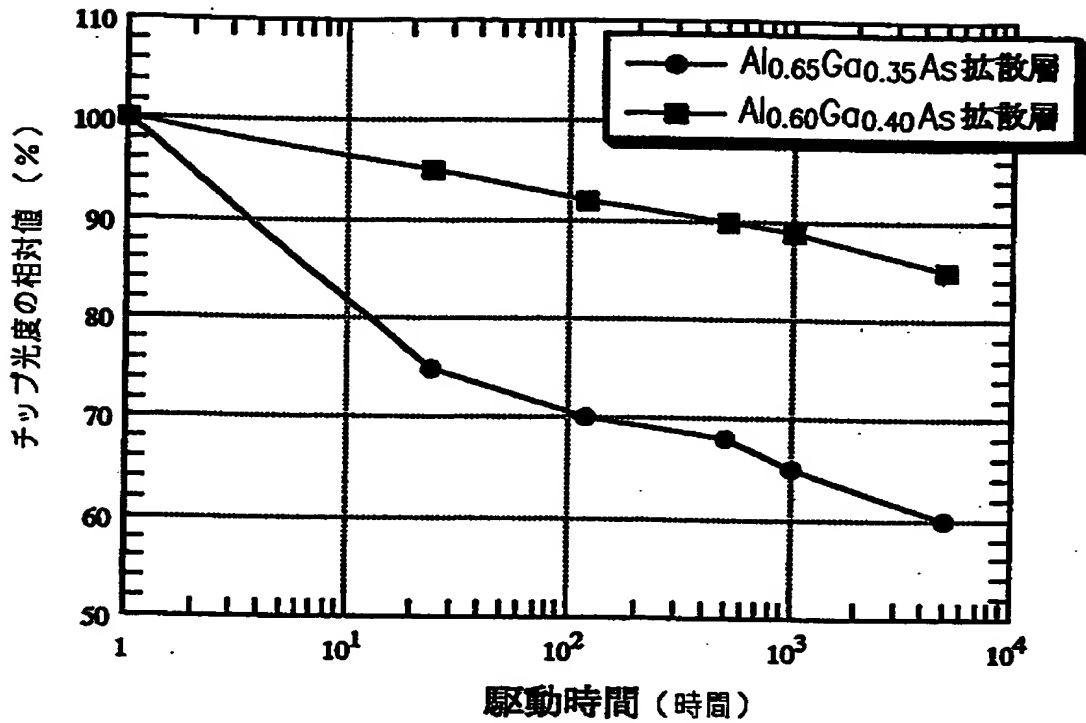
【図 8】



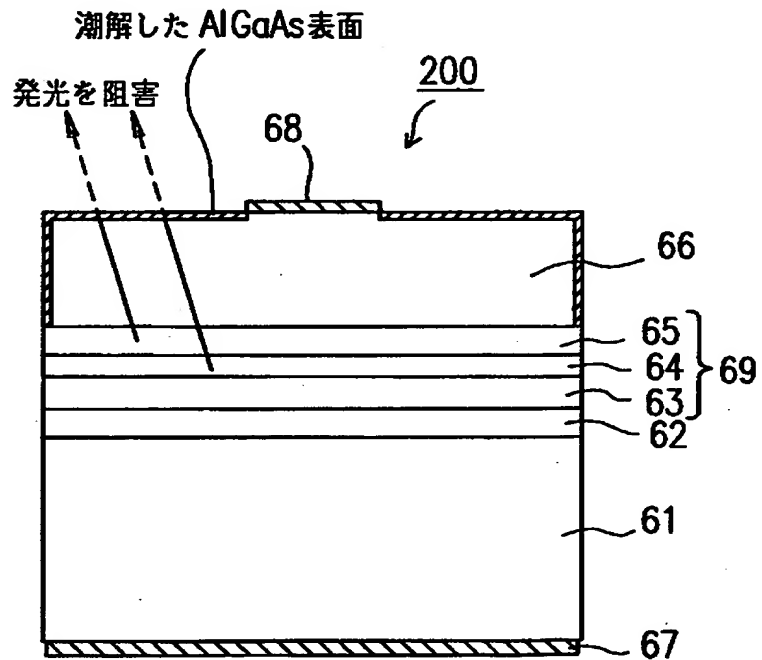
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 抵抗率が低く、発光層の発光波長に対して透明であり、さらに高温高湿条件下でも発光特性の劣化を生じない、高輝度な発光ダイオードを提供する。

【解決手段】 半導体基板と、該基板上に配設された AlGaInP 系化合物半導体からなる積層構造体とを備え、該積層構造体が一対のクラッド層と該一対のクラッド層の間に配設された発光のための活性層とからなる発光層を少なくとも含む発光ダイオードであって、該積層構造体が該発光層に対して格子不整合な電流拡散層をさらに含み、以下の式：

$$\Delta a / a = (a(\text{電流拡散層}) - a(\text{発光層})) / a(\text{発光層})$$

ここで、 $a(\text{電流拡散層})$ ：該電流拡散層の格子定数

$a(\text{発光層})$ ：該発光層の格子定数

で定義される該電流拡散層の格子整合率が -1% 以下である、発光ダイオード。

【選択図】 図 4

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】 100078282

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区城見1丁目2番27号 クリスタルタワー15階

【氏名又は名称】 山本 秀策

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005049]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
氏 名	シャープ株式会社